

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06266853 A**

(43) Date of publication of application: 22 . 09 . 94

(51) Int. Cl.

**G06F 15/72**

(21) Application number: **05078964**

(22) Date of filing: 12 . 03 . 93

(71) Applicant: **RICOH CO LTD**

(72) Inventor: SHIRAISHI NAOHITO  
FUJII TATSUYA  
FUKUSHIMA MASANOBU  
NAKAJIMA TATSUYA  
IZAWA YASUHIRO

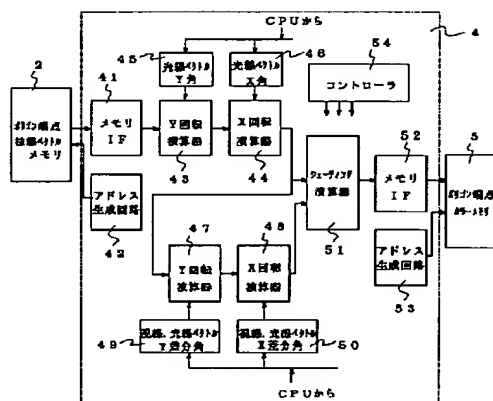
**(54) SHADING PROCESSING METHOD AND ITS DEVICE**

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To execute the real time processing of shading by simple constitution.

**CONSTITUTION:** This shading processor is provided with computing elements 43, 44 for rotating a light beam vector around the normal of a polygon end point so as to align the vector to any one of x, y and z coordinate axes, computing elements 47, 48 for rotating a visual line vector only by a difference between the light beam direction and the visual line direction so as to align the vector to the coordinate axis and a shading computing element 51 for calculating the intensity of diffusely radiated light based upon the rotated light beam vector, calculating the intensity of mirror face reflected light based upon the rotation of the visual line vector and finding out the color values of R, G and B of the polygon based upon the intensity of diffusely radiated light and the intensity of mirror face reflected light to shade a polygon graphic.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成6年(1994)9月22日

### 技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 FD (全 8 頁)

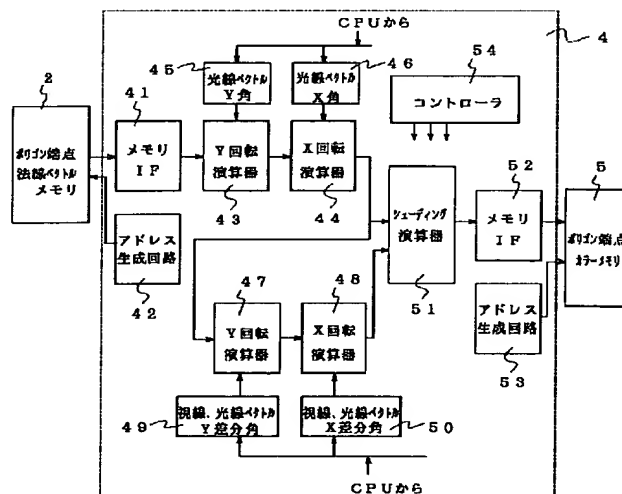
[最終頁に続く](#)

(54)【発明の名称】 シェーディング処理方法及びその装置

(57) 【要約】

【目的】 この発明は、シェーディングのリアルタイム処理を簡単な構成で行なうことを目的とする。

【構成】 ポリゴン端点の法線に対して光線ベクトルを  $x$ ,  $y$ ,  $z$  のいずれかの座標軸に合わせるように回転する演算器 (43, 44) と、光線方向と視線方向との差分だけ視線ベクトルを座標軸に合わせるよう回転する演算器 (47, 48) と、この回転された光線ベクトルに基いて拡散放射光強度を算出するとともに、視線ベクトルの回転に基いて鏡面反射光強度を算出し、拡散放射光強度及び鏡面反射光強度に基いて、ポリゴンの  $R$ ,  $G$ ,  $B$  の色値を求めるシェーディング演算器 (51) を備え、ポリゴン図形に陰影を付ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ポリゴン端点の法線に対して光線ベクトルをx, y, zのいずれかの座標軸に合わせるように回転させて拡散反射光強度を算出した後、光線方向と視線方向の差分だけ視線ベクトルを座標軸に合わせるように回転させて鏡面反射光強度を算出し、ポリゴン図形に陰影を付けることを特徴とするシェーディング処理方法。

【請求項2】 ポリゴン端点の法線に対して光線ベクトルをx, y, zのいずれかの座標軸に合わせるように回転する手段、この回転された光線ベクトルに基いて拡散放射光強度を算出する手段、光線方向と視線方向との差分を求める手段、この算出した差分だけ視線ベクトルを座標軸に合わせるよう回転させる手段、視線ベクトルの回転に基いて鏡面反射光強度を算出する手段、前記拡散放射光強度及び鏡面反射光強度に基いて、ポリゴン図形に陰影を付ける手段、を具備してなるシェーディング処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、立体を表現した3次元画像に陰影を付加し、立体の把握を容易にするシェーディング処理方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 CRTディスプレイ等の2次元（平面）表示装置に3次元立体図形を透視変換処理、遠近処理等によって表示する場合に、表示された物体に自然な感じを与えるため光反射モデルに基づいて、陰影、すなわちシェーディング処理が行なわれている。

【0003】 このシェーディングの手法としては、ビ・トウイング・フォング（Bui・Toung・Phong）のフォングシェーディングなどが知られている。

【0004】 このフォングシェーディングは、次の数1式に基いて、図6に示すベクトルの関数に基いて視線方向の光の強さを算出するものである。

【0005】

【数1】

$$I = I_{amb} + \sum_i (I_{pi} k_d (\vec{N} \cdot \vec{L}_i) + I_{pi} k_s (\vec{E} \cdot \vec{R})^n) \alpha_i$$

ここで、

I：視線方向の光の強さ、Iamb：環境光、

Ipi：光源iの光の強さ

$\vec{N}$ ：物体の法線ベクトル

$\vec{L}$ ：光源iの光線ベクトル

$\vec{E}$ ：視線ベクトル

$\vec{R}$ ：反射光ベクトル である。

\* 【0006】 また、鏡面反射を無視したシェーディング手法として下記数2式に示すランバート（Lambert）シェーディング手法がある。

【0007】

【数2】

$$I = \sum_i (I_{pi} k_d (\vec{N} \cdot \vec{L}_i))$$

ここで

Ipi＝光源iの光の強さ

$\vec{N}$ ＝物体の法線ベクトル

$\vec{L}$ ＝光源iの光線ベクトル

である。

【0008】 このアルゴリズムを適用する時には、光線ベクトル、面法線ベクトルを随時算出する必要があり、極めて高速に動作する大規模な専用ハードウェアを必要とする。

【0009】 簡単な回路でランバートシェーディング手法を実現する装置が特開平2-51789号公報（国際特許分類G06F 15/72）に提案されている。

【0010】 この装置は、物体の面法線をまず算出し、その後、物体の回転の逆回転を光線ベクトルにだけ行い、上記モデルによって陰影を付加するので、物体の回転に伴って法線ベクトルの再計算を行なう必要がなく、簡単な回路で高速動作を実現しようとするものである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記装置は、ランバートモデルのように物体の面法線と光線ベクトルだけの関係にのみ成立し、フォングモデルのように鏡面反射を考慮すると、視線ベクトルと反射ベクトルも考慮しなければならぬリアルな画像を表現する場合には適用することができない。

【0012】 また、光線ベクトルが移動した時に、その単位ベクトルを算出するためには、下記の数3式に示す複雑な演算を行なわなければならない。

【0013】

【数3】

\*

3

4

$$L L = \sqrt{(E X - T X)^2 + (E Y - T Y)^2 + (E Z - T Z)^2}$$

$$E N X = E X / L L, E N Y = E Y / L L, E N Z = E Z / L L$$

ここで、 視点 :  $E X, E Y, E Z$

目標点 :  $T X, T Y, T Z$

視線ベクトル :  $E N X, E N Y, E N Z$

【0014】この数3式に示すように、この演算は複雑である上に更に、平方根の高速化は困難である。また、光線ベクトルにおいても同様である。

【0015】このため、従来は光線方向、視線方向の変更をリアルタイムに行なうゲーム機器やフライトシミュレータ、ドライブシミュレータ等のように使用者のハンドル操作をリアルタイムに伝えられるシステムにおいては遅れを伴うという問題があった。

【0016】この発明は、上述した従来の問題点を解消するためになされたものにして、簡単な構成でシェーディングのリアルタイム処理が行なえる方法を提供することをその目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】この発明は、ポリゴン法線ベクトルに対して、光線方向に $X, Y, Z$ 回転を行なうことにより、光線ベクトルを $X, Y, Z=0, 0, 1$ に固定し、 $R, G, B$ 夫々の拡散反射強度を算出する。そして、光線ベクトルと視線ベクトルの差分だけ $X, Y, Z$ 回転を行なうことにより、視線ベクトルを $X, Y, Z=0, 0, 1$ に固定し、 $R, G, B$ 夫々の鏡面反射強度を算出する。

【0018】

【作用】この発明は、視線、光線ベクトルを複雑な演算で算出する必要が無くなり、視線の変更、光線の変更をリアルタイムで行なうことが出来る。

【0019】

【実施例】以下、この発明の一実施例につき図面を参照して説明する。

【0020】図1は、この発明のシェーディング装置を用いた立体画像表示装置のブロック図、図2はこの発明のシェーディング装置の構成を示すブロック図である。

【0021】この装置は、例えば、レーシングゲームや飛行機の操縦シミュレーションなどのゲーム機器に用いて好適な一例が示されている。図1に従いこの発明のシェーディング装置を用いた立体画像表示装置の全体構成につき説明する。

【0022】この実施例においては、各種条件のシミュレーション画像を複数のポリゴン情報として、ポリゴン端点メモリ1に $X, Y, Z$ 座標値として与えられる。

【0023】また、各ポリゴン端点の法線ベクトル値( $A N X, A N Y, A N Z$ )はポリゴン端点法線ベクトルメモリ2に格納されている。このベクトルメモリ2には、更に各ポリゴンのレッドの拡散反射係数( $R k d$ )、グリーンの拡散反射係数( $G k d$ )、ブルーの拡

散反射係数( $B k d$ )と各ポリゴンのレッドの鏡面反射係数( $R k s$ )、グリーンの鏡面反射係数( $G k s$ )、ブルーの鏡面反射係数( $B k s$ )及びレッドの環境光値( $R a m b i e n t$ )、グリーンの環境光値( $G a m b i e n t$ )、ブルーの環境光値( $B a m b i e n t$ )を格納している。これら各データはこの発明の特徴とするところのシェーディング装置4に与えられる。

【0024】CPUはあらゆる立体物を複数のポリゴンの集合体として表現し、このポリゴンの各端点を示す端点情報を読み出し、ハンドルアクセス等で構成された操作部(図示しない)の操作内容に基づいて変換された電気信号に従いこの状況に応じた状況データを演算し、幾何変換装置3及びシェーディング装置4に夫々データを与える。

【0025】幾何変換装置3は、CPUからの命令に従い各種ポリゴンデータを参照しながら、ポリゴン端点メモリ1からデータを読み出し、ポリゴンの端点の値を視線方向に回転する視野変換、透視投影変換により各ポリゴンの端点座標を幾何変換視、その $X, Y$ の2次元座標( $S X, S Y$ )をスクリーンメモリ6に与える。また、ポリゴン中心の視野変換された代表値即ち、そのポリゴンの視点からの距離の代表値( $Z$ 値)を決定し、そのデータをスクリーンメモリ6に与える。シェーディング装置4は、ベクトルメモリ2より読み出したポリゴン端点の法線ベクトル値に対して図4及び図5に示すフローチャートに従って処理を行ない、ポリゴン端点の色を算出し、このポリゴン端点の色をポリゴン端点カラーメモリ5に与える。このシェーディング装置4の詳細については後述する。

【0026】描画処理装置7はスクリーン画面の $Y$ 方向に分割された処理領域に含まれるポリゴンに対してスクリーンメモリ6及びカラーメモリ5より端点情報を読み出してCRT9が必要とするスキャンラインにかかるポリゴンをビットマップ上に描画し、そのデータをフレームメモリ8に与える。

【0027】次にこの発明のシェーディング装置4につき図2を参照して更に説明する。シェーディング装置4は、ベクトルメモリ2から、法線ベクトル値、拡散反射係数、鏡面反射係数、環境光値を夫々読み出し、読み出された各データはメモリインターフェース41に一旦格納される。ベクトルメモリ2のアクセスは、アドレス生成回路42にて生成されたアドレスによって行なわれ、メモリより夫々データが読み出される。

【0028】メモリインターフェース41に格納された

データは、まずY回転演算器43に与えられる。このY回転演算器43は、図3(a)に示すように、物体の回転に基づいてCPUから与えられる光線ベクトルとY軸との角度(LYO)だけ法線ベクトルを回転させる。このCPUからの光線ベクトルのY軸との角度LYO値はレジスタ45に与えられる。

【0029】続いて、Y回転演算器43にて回転移動したデータがX回転演算器44に与えられる。X回転演算器44はCPUから与えられる光線ベクトルとX軸との角度(LXO)だけ法線ベクトルを回転させる。このCPUからの光線ベクトルとX軸と角度(LXO)はレジスタ46に与えられている。これら演算処理されたデータは図3(b)に示すように、ベクトルが移動される

【0030】そして、X回転演算器44にて演算処理されたデータはY回転演算器47に与えられる。このY回転演算器47は、光線ベクトルLX, LY, LZ=0, 0, 1に対して、X回転演算器44の処理結果を視線、光線ベクトルの差分量(DEYO)だけ回転処理を行なう。この差分量は $DEYO = EYO - LYO$ にて求められる。この演算はCPUにて行なわれ、CPUよりレジスタ49に与えられる。Y回転演算器47にて処理した処理結果がX回転演算器48に与えられる。

【0031】X回転演算器48は、視線、光線ベクトルの差分量(DEXO)だけ回転処理を行なう。この差分量は $DEXO = EXO - LXO$ にて求められる。この演算はCPUにて行なわれ、CPUよりレジスタ50に与えられる。

【0032】そして、X回転演算器44の処理結果と、X回転演算器48の処理結果がシェーディング演算器51に与えられる。シェーディング演算器は、X回転演算器44の処理結果とX回転演算器48の処理結果に対して、R, G, Bの拡散反射係数、鏡面反射係数、環境光値により、色値を求める演算を行ない、この算出した色値をメモリーインターフェース52に出力する。

【0033】メモリーインターフェース52に格納された色値は、アドレス生成回路53にて生成されたアドレス値にて指定されたポリゴン端点カラーメモリ5の領域に格納される。

【0034】これら各演算器はコントローラ54により制御され、コントローラ54は図4及び図5に示すフローチャートに従って動作する。

【0035】次に、この発明の動作を図4、図5のフローチャートに基づいて、更に説明する。

【0036】シェーディング動作を開始すると、まず、図3(a)に示すように、光線ベクトルと各座標軸との間の角度LXO, LYO, LZO及び視線ベクトルと各座標軸との間の角度EXO, EYO, EZOがCPUより入力され、レジスタ45, 46に入力される(ステップS1)。そして、続いて、光線ベクトル、視線ベクトルの差分DEXO, DEYOを算出し、レジスタ49、

レジスタ50に夫々格納される(ステップS2)。

【0037】続いて、R, G, Bの拡散反射係数(Rkd, Gkd, Bkd)及び鏡面反射係数(Rks, Gks, Bks)が入力され(ステップS3)、更に、ポリゴン端点の法線ベクトル(ANX, ANY, ANZ)が入力される(ステップS4)。そして、法線ベクトルを夫々入替えた後(ステップS5)、X回転演算器44、Y回転演算器43、ポリゴン端点、法線ベクトル(NX, NY, NZ)を光線ベクトルをX, Y, Z=0.001になるようLXO回転処理(ステップS6)、LYO回転(ステップS7)処理を行なう。図3(a)はこの回転処理前を図3(b)は回転後を示す。

【0038】この処理により、従来、法線ベクトルに夫々光源ベクトルを積算する処理が必要であったのが、LNX, LNY, LNZ=0, 0, 1で固定されるため、ステップS8に示すように内部係数(INNER)=-NZ, LX=0, LY=0, LZ=-1に設定することができる。

【0039】この内部係数を用いて、シェーディング演算器1にて、回転後のR, G, Bの拡散反射強度を算出する。すなわち、R, G, Bの拡散反射強度に夫々INNER=-NZ、すなわち、-NZを積算し、R, G, Bの拡散反射強度を算出する(ステップS9)。続いて、Y回転演算器47、X回転演算器48にて、光線ベクトルLX, LY, LZを0, 0, 1とする回転処理として、光線ベクトル、法線ベクトルの差分の角度だけ回転処理を行なう(ステップS10, S11)。図3

(b)がこの回転処理前であり、(c)は回転後である。

【0040】この処理により、従来、前述したINNERと法線ベクトルの類算値と光線ベクトルを引算した結果を視線ベクトルとを積算処理するという複雑な処理を必要としていたのに対し、ステップS12に示すように簡略される。すなわち、ENX, ENY, ENZ=0, 0, 1に固定されるため、第2内部係数(INNER2)が $INNER2 = LZ - 2 \times NZ \times INNER$ で算出できる。

【0041】この第2内部係数を用いて、シェーディング演算器51にて、回転後のR, G, Bの鏡面反射強度に第2内部係数を夫々積算することで、R, G, Bの鏡面反射強度を算出する(ステップS13)。

【0042】続いて、ステップS14において、シェーディング演算器51は回転後の拡散反射強度、同じく鏡面反射強度及び環境光値を加算して、R, G, Bの色を算出し、そのR, G, Bデータをメモリーインターフェース52に出力する。

【0043】そして、ステップS15にて、R, G, Bデータをカラーメモリ5に書き込み、ステップS16にて、ポリゴンの全てのポリゴン端点の処理が終了したか否か判断され、処理していない場合には、前述のステッ

7

プS 3に戻り、前述の動作を繰り返す。また、処理が終了すると、ステップS 1 7に進み、ステップS 1 7にて、全てのポリゴンの処理が終了したか否か判断され、処理が終了していない場合には、ステップS 4に戻り、前述の動作を繰り返す。ステップS 1 7にて、処理が終了したと判断されると、このシェーディング処理が終了する。

#### 【0044】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、視線、光線ベクトルを複雑な演算で算出する必要がなくなり、視線の変更、光線の変更をリアルタイムで行なうことが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のシェーディング装置を用いた立体画像表示装置を示すブロック図である。

【図2】この発明のシェーディング装置を示すブロック図である。

\*

\*【図3】座標軸と視線ベクトル及び光線ベクトルとの関係を示す模式図であり、(a)は回転処理前、(b)はこの発明により光線ベクトルに回転処理を施した状態、(c)はこの発明により視線ベクトルに回転処理を施した状態を示す。

【図4】この発明の動作を示すフローチャートである。

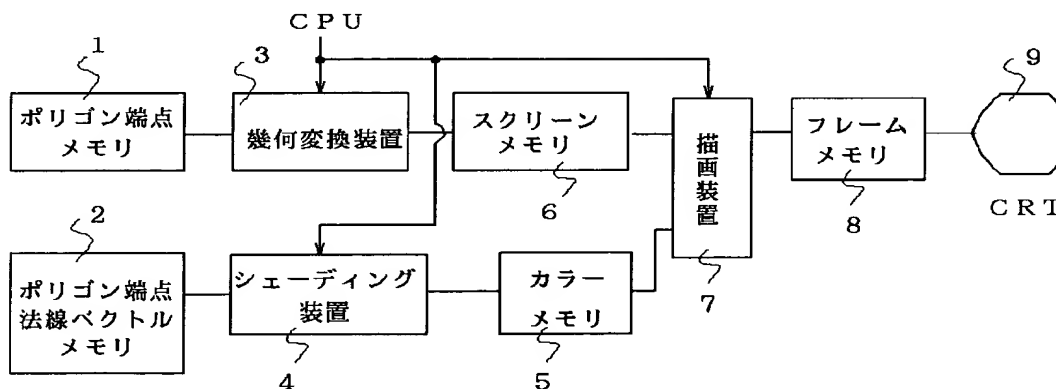
【図5】この発明の動作を示すフローチャートである。

【図6】フォングシェーディングのベクトルの関係を示す模式図である。

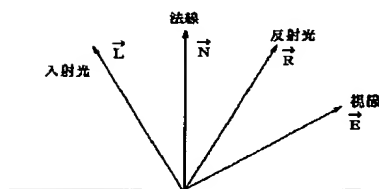
#### 【符号の説明】

- 1 ポリゴン端点メモリ
- 2 ポリゴン端点法線ベクトルメモリ
- 4 シェーディング装置
- 5 ポリゴン端点カラーメモリ
- 4 3, 4 7 Y回転演算器
- 4 4, 4 8 X回転演算器
- \* 5 1 シェーディング演算器

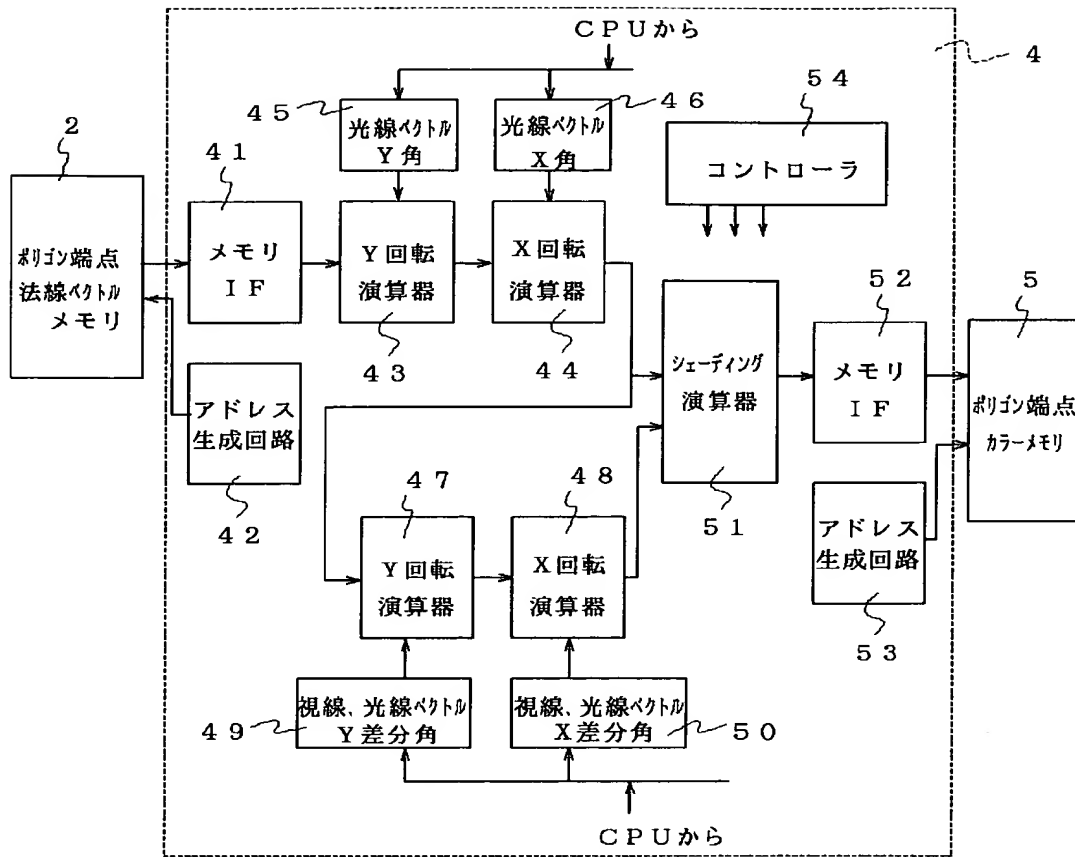
【図1】



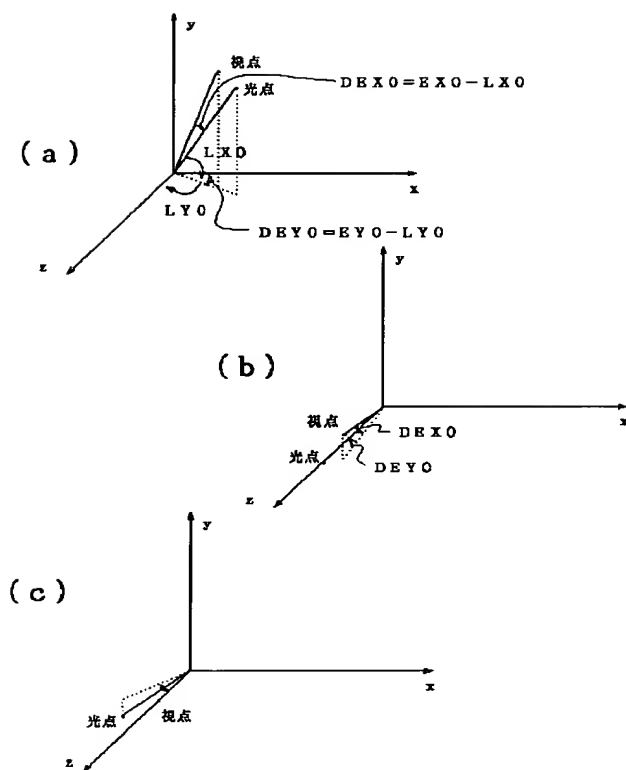
【図6】



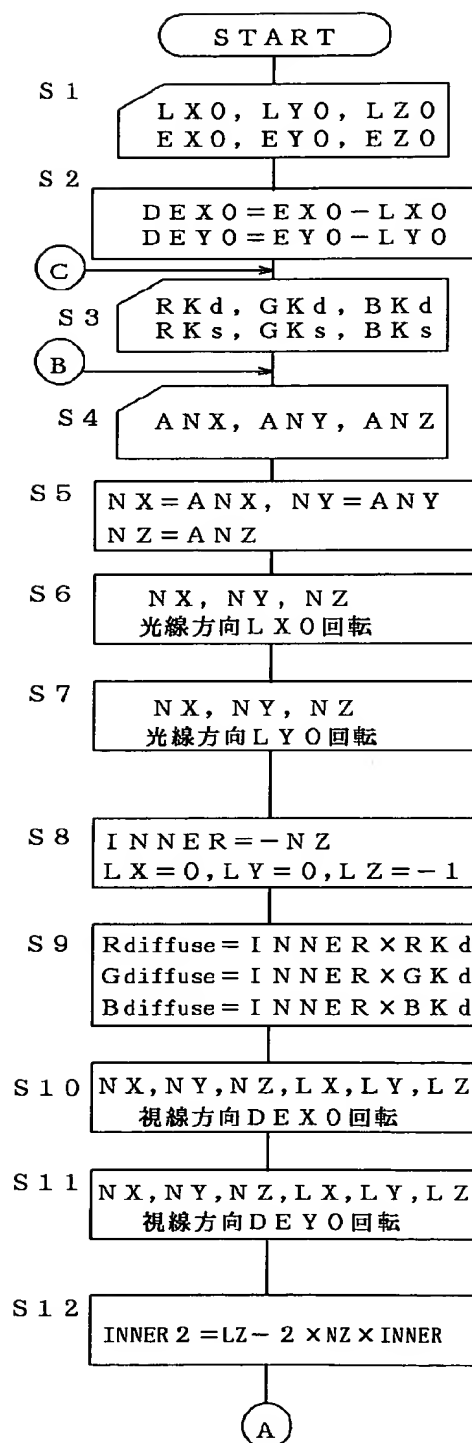
【図2】



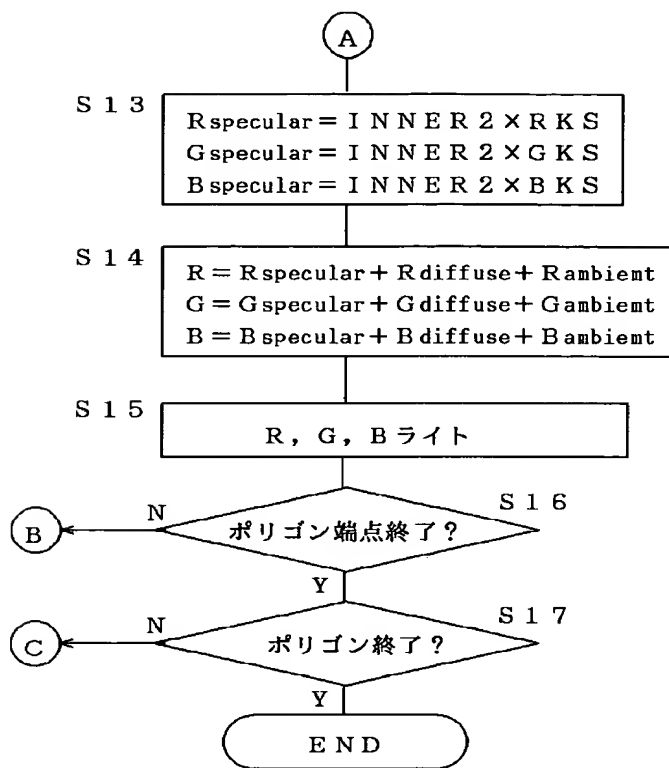
【図3】



【図4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 中島 達也  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

(72)発明者 井澤 康浩  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内